

E804/10482



REC'D 03 NOV 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 48 722.0

**Anmeldetag:**

16. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:**

EPCOS AG, 81669 München/DE

**Bezeichnung:**

Elektrisches Anpassungsnetzwerk mit einer  
Transformationsleitung

**IPC:**

H 01 P, H 05 K

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 14. Oktober 2004

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Schmidt C.

## Beschreibung

Elektrisches Anpassungsnetzwerk mit einer Transformationsleitung

5

Elektrische Bauelemente benötigen zu ihrer Anpassung an ihre Schaltungsumgebung häufig ein elektrisches Anpassungsnetzwerk. Ein solches kann Induktivitäten, Kapazitäten und Transformationsleitungen umfassen und dient im wesentlichen dazu,

10

die Impedanz eines Bauelements der äußeren Umgebung anzupassen. Häufig werden solche Anpassungsnetzwerke als passiv integrierte Netzwerke ausgeführt, bei dem die das Netzwerk bildenden diskreten Elemente zusammen in einem Substrat integriert sind, welches vorzugsweise das Trägersubstrat für das

15

Bauelement bildet. Möglich ist es sogar, ein keramisches Bauelement in einer Keramik auszubilden, in deren keramischen Körper oder auf dessen keramischen Körper die Anpasslemente aufgebracht und mit dem Bauelement integriert sind.

20

Elektrische Transformationsleitungen als Bestandteile von Anpassungsnetzwerken werden häufig in einem mehrlagigen Keramiksubstrat realisiert, in dem wie angeführt noch weitere Elemente integriert sein können. Transformationsleitungen werden beispielsweise in Front-End-Modulen für Endgeräte der

25

mobilen Kommunikation eingesetzt, wo sie als Bestandteil von Pin-Diodenschaltern zum Einsatz kommen können und zum Beispiel eine Phasenschiebung von ca.  $90^\circ$  erreichen müssen. Weiterhin soll eine solche Transformationsleitung eine möglichst gute Anpassung unter den vorgegebenen Quell- und Lastimpedanzen aufweisen.

30

Eine weitere beispielhafte angeführte Verwendung kann eine Transformationsleitung in einem Duplexer finden, welcher, ebenfalls in einem Endgerät der mobilen Kommunikation eingesetzt, die Antenne sowohl mit dem Sende- als auch dem Empfangspfad des Endgeräts verbindet.

35

Eine weitere Anforderung an Transformationsleitungen, insbesondere in Endgeräten der mobilen Kommunikation, ist ein mög-

lichst geringer Flächen- und Raumbedarf. Bei einem Front-End-Modul sind beispielsweise die Außenabmessungen wesentlich geringer als der Bruchteil der Wellenlänge im Keramiksubstrat, um welche die Phasenschiebung erfolgen soll. Da die Phasenschiebung nur mit einem Leiter erfolgen kann, der eine gewisse geometrische Länge aufweist, sind heute verwendete Transformationsleitungen gefaltet und teilweise mehrlagig ausgeführt. Sowohl durch Faltung als auch durch die mehrlagige Ausführung, die zu Überlappungen von Leiterabschnitten führt, ergeben sich kapazitive und induktive Verkoppelungen zwischen verschiedenen Abschnitten der Leitung. Dies führt zu einer Änderung der Anpassung und zu einer zusätzlichen Phasenschiebung gegenüber einer idealen Leitung der gleichen geometrischen Länge, die einlagig und ungefaltet ausgeführt ist. Darüber hinaus kann die zur Verfügung stehende Fläche sowie die Position der Anschlußpunkte, an denen die Transformationsleitung mit dem Bauelement oder dem weiteren Anpassungsnetzwerk verbunden ist, nicht beliebig ausgewählt werden, da sie von den übrigen Komponenten der zu integrierenden Schaltungsteile abhängen.

Eine beispielhafte Ausführung einer Transformationsleitung ist eine sogenannte Tri-Plate-Leitung, bei der ein beispielsweise gefalteter Leiter zwischen zwei abschirmenden Masselagen, also zwischen zwei metallisierten Ebenen geführt wird und von diesen durch je eine keramische Schicht getrennt ist. Der Abstand zur oberen und unteren abschirmenden Masseebene beeinflusst die charakteristische Impedanz und wird daher entsprechend gewählt. Technologiebedingt und durch die Notwendigkeit der Integration mit weiteren Elementen in dem gemeinsamen Substrat lassen sich die Dicken der Keramiklagen jedoch nicht beliebig wählen, sondern müssen aus einer begrenzten Anzahl verfügbarer und geeigneter Lagendicken ausgewählt werden, so daß so eine optimale Anpassung nicht möglich ist.

In einer platzsparenden bekannten Transmissionsleitung ist der Leiter beispielsweise mäandriert und zweilagig ausgeführt. Dabei wird eine symmetrische Anordnung der beiden Ebenen, in denen der Leiter verläuft, gewählt, so daß die charakteristische Impedanz der Leitung in den beiden Leiterebenen gleich ist und der Impedanz von Quelle und Last entspricht. Die Verkopplung zwischen den einzelnen Abschnitten des Leiters wird dadurch minimiert, indem parallel liegende Abschnitte des Leiters einen genügenden Abstand voneinander haben, der in der Regel größer ist als die Breite des Leiters. Die Verkopplung zwischen Leiterabschnitten in unterschiedlichen Leiterebenen wird dadurch reduziert, indem entweder übereinanderliegende Abschnitte in beiden Lagen rechtwinklig zueinander angeordnet sind oder indem Leiterabschnitte der einen Leiterebene zwischen die Projektion der Leiterabschnitte der anderen Ebene gelegt werden. Zur Erhöhung der Phasendrehung der Transmissionsleitung kann die geometrische Länge des Leiters vergrößert werden. Dies ist bei begrenzter Fläche nur möglich, indem die einzelnen Abschnitte des Leiters näher aneinandergerückt werden. Dadurch steigt jedoch die Verkopplung der Leitungsteile untereinander, wobei die Anpassung zwischen Quelle und Last verschlechtert wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Netzwerk mit einer Transformationsleitung anzugeben, welches auch für weiter miniaturisierte Bauelemente geeignet ist und mit der eine gewünschte Anpassung von beispielsweise besser als 10 dB erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Netzwerk mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

Die Erfindung gibt ein Netzwerk an, welches eine in oder teilweise auf einem Substrat ausgebildete Transformationsleitung einer vorgegebenen elektrischen Länge aufweist. Die Transformationsleitung weist zumindest zwei zur besseren Aus-

nutzung der für die Transformationsleitung zur Verfügung stehenden Fläche jeweils gefaltete, jeweils in einer eigenen Leiterebene angeordnete Teile auf, die über eine Durchkontaktierung elektrisch miteinander verbunden sind. Alle Teile der Transformationsleitung weisen Leitungsabschnitte auf, die geradlinig ausgebildet sind und rechtwinklig miteinander verbunden sind. Vorzugsweise weisen alle Teile der Transformationsleitung ausschließlich geradlinige, vorzugsweise rechtwinklig miteinander verbundene Leitungsabschnitte auf.

10

Für zumindest einen Teil der Leitungsabschnitte gilt: zueinander parallele, in unterschiedlichen Leiterebenen liegende Leitungsabschnitte überlappen teilweise und sind auf diese Weise kapazitiv miteinander gekoppelt, wobei durch die Einstellung der einzelnen Überlappungsflächen die kapazitive Kopplung angepaßt und so die vorgegebene elektrische Länge und die vorgegebene Impedanz der Transformationsleitung erreicht ist.

15

Die sich aus einer besonders platzsparenden, mäanderförmigen Faltung der Leitung ergebende, an sich nachteilige Verkopplung der in verschiedenen Leiterebenen angeordneten und sich teilweise überlappenden Leitungsabschnitte wird erfindungsgemäß zur Einstellung der erforderlichen elektrischen Eigenschaften (die vorgegebene Phasendrehung und Impedanz) der Transformationsleitung ausgenutzt. Dagegen ist bei bisher bekannten, z. B. über zwei Ebenen verteilten Transformationsleitungen die Überlappungsfläche der Leitungsabschnitte möglichst gering gehalten, indem nur die unvermeidliche Kreuzung zueinander senkrechter Leitungsabschnitte zugelassen und die Überlappung der zueinander parallelen Leitungsabschnitte vermieden wurde.

25

30

Das erfindungsgemäße Netzwerk ist vorzugsweise in einem Vielschicht-Bauelement mit mehreren im Substrat verborgenen Leiterebenen integriert, wobei die Anpassung der Transformationsleitung für eine bestimmte Betriebsfrequenz erreicht ist

35



und wobei die Transformationsleitung bei dieser Frequenz z.  
B. ein offenes Ende an ihrem ersten Ende in einen Kurzschluß  
an ihrem zweiten Ende überführt.

- 5 In einer vorteilhaften Variante der Erfindung ist die Breite  
der Leitungsabschnitte in zumindest einer Leiterebene unter-  
schiedlich ausgebildet. Durch gezielte Veränderung in der  
Breite einzelner Leiterabschnitte läßt sich sowohl die kapa-  
10 zitative Verkopplung als auch die Impedanz einzelner Leitungs-  
abschnitte beeinflussen, so daß durch geeignete Wahl der Lei-  
terbreite in einzelnen Abschnitten die gewünschte Anpassung  
der Leitungsimpedanz erzielt werden kann. Werden beispiels-  
weise zwei Leiterabschnitte betrachtet, die miteinander kapa-  
15 zitiv und induktiv koppeln, so kann beispielsweise die induk-  
tive Verkopplung dadurch vermindert werden, indem in einem  
der beiden Leiterabschnitte die Leiterbreite erhöht wird.  
Durch Erhöhung der Leiterbreite in einem Abschnitt kann dar-  
über hinaus die parasitäre und an sich störende kapazitive  
Verkopplung zu benachbarten Leiterabschnitten erhöht werden.  
20 So kann bereits durch Variation der Leiterbreite eines ein-  
zelnen Leiterabschnitts die elektrische Anpassung der Trans-  
missionsleitung verbessert werden. Durch geeignete und von-  
einander unabhängige Auswahl der Breiten aller Leiterab-  
schnitte kann die Anpassung optimiert werden und exakt auf  
25 einen gewünschten Wert eingestellt werden. Herkömmliche  
Schaltungsumgebungen können beispielsweise eine Anpassung an  
50  $\Omega$  erfordern.

- Die Erfindung ermöglicht es in einfacher Weise, die elektri-  
30 sche Anpassung der Transformationsleitung und damit insgesamt  
das Netzwerk zur Anpassung des elektrischen Bauelements exakt  
auf die gewünschten Werte zu optimieren, ohne daß dies zu ei-  
nem erhöhten Flächenbedarf der Transformationsleitung führt.  
Im Gegenteil werden mit der Erfindung auch Anordnungen mög-  
35 lich, die bei bekannten Transmissionsleitungen zu unerlaubt  
hohen Verkopplungen und damit zu schlechter Anpassung geführt  
haben, die nun jedoch erfindungsgemäß ausgeglichen werden.

Dies erlaubt eine weitere Reduzierung des Flächenbedarfs der Transmissionsleitung sowie alternativ oder zusätzlich eine geometrische Form der Transmissionsleitung, die bisher nicht ohne weitere Nachteile zu realisieren war. So kann eine auf dem Substrat zur Verfügung stehende Fläche mit der Erfindung besser ausgenutzt werden. Ein erhöhter Flächenbedarf der Erfindung wird allein dadurch ausgeschlossen, daß sich mit der Erfindung die geometrische und damit in der Regel auch die elektrische Länge des Leiters, die maßgeblich für das Ausmaß der Phasenschiebung verantwortlich ist, nicht wesentlich ändert.

Unter Abschnitt des Leiters wird ein beliebiges Teilstück des Leiters mit einer gegebenen Länge verstanden. In der Regel und sowohl für die Berechnung als auch für die Konstruktion der Transmissionsleitung einfacher ist es, Abschnitte zwischen zwei Eckpunkten der gefalteten Leitung zu definieren.

Wie bereits die herkömmliche Transmissionsleitung kann auch die erfindungsgemäße Transmissionsleitung mit einem in zwei Leiterebenen gefalteten Leiter ausgeführt werden. Die beiden Leiterebenen sind durch einen Isolator, vorzugsweise eine keramische Schicht, voneinander getrennt. Eine weitere isolierende Schicht, insbesondere eine weitere keramische Schicht, trennt die Leiterebenen von der mit Masse verbundenen abschirmenden Ebene.

Die Transmissionsleitung kann auch als Tri-Plate-Leitung ausgeführt sein, bei der die Leiterebenen zwischen zwei Masseebenen angeordnet sind. Mit der Erfindung ist es möglich, die Isolationsschicht, die die beiden Leiterebenen trennt, dünner auszuführen als bei bekannten Transformationsleitungen. Die sich daraus ergebenden störenden Verkopplungen können mit der Erfindung kompensiert werden. Die beiden in unterschiedlichen Leiterebenen verlaufenden Teile des Leiters werden durch Durchkontaktierungen miteinander verbunden.

In den beiden Leiterebenen werden die Abschnitte so geführt, daß keine parallelen Abschnitte in den beiden Leiterebenen übereinander zu liegen kommen. Zueinander parallele Abschnitte sind zumindest um eine Mindestlänge in den beiden Ebenen gegeneinander versetzt. Kreuzungen zwischen Abschnitten in unterschiedlichen Leiterebenen erfolgen vorzugsweise entfernt von den Abschnittsenden und vorzugsweise in der Mitte der Leiterabschnitte. Bei der Variation der Breite der Leiter in einzelnen Abschnitten werden vorteilhafterweise Randbedingungen eingehalten. So sollten insbesondere die Breiten der Leiterabschnitte ebenso wie die Abstände zueinander paralleler Leiterabschnitte einen meist technologisch bedingten Mindestwert aufweisen, der beispielsweise bei 100 µm gewählt wird. Diese Mindestabstände und Mindestbreiten sind jedoch nicht Gegenstand der Erfindung, sondern werden lediglich als Randbedingungen beim Optimierungsverfahren berücksichtigt und schlagen sich dementsprechend in der genauen Ausgestaltung der Transformationsleitung nieder. Es können auch andere Randbedingungen und Mindestwerte eingehalten werden.

20

Die geometrische Länge des Leiters der Transformationsleitung wird so gewählt, daß ihre elektrische Länge einer  $\lambda/4$ -Leitung entspricht. Eine  $\lambda/4$ -Leitung wird in vielen Fällen dort benötigt, wo der Schaltungszustand von "SHORT" nach "OPEN" verändert werden muß. Die Transformationsleitung eines erfindungsgemäßen Netzwerks kann jedoch eine von  $\lambda/4$  abweichende Phasenschiebung bewirken.

25

Eine bevorzugte Impedanzanpassung liegt bei 50 Ω, da dieser Wert von vielen Schaltungsumgebungen gefordert ist. Möglich ist es jedoch auch, die Transformationsleitung und damit das Netzwerk an andere, von 50 Ω abweichende Schaltungsumgebungen anzupassen. Die Impedanzanpassung kann in einer Tri-Plate-Leitung durch Variation der Abstände der abschirmenden Ebenen zu den Leiterebenen erfolgen. Möglich ist es jedoch auch, insbesondere wenn die zur Verfügung stehenden Schichtdicken in einem vorgegebenen Substrat zur Einstellung einer

30

35



gewünschten Impedanz nicht ausreichend sind, eine zusätzliche separate Impedanztransformation durchzuführen und ein entsprechendes Element im Netzwerk vorzusehen.

- 5 Das erfindungsgemäße Netzwerk ist vorzugsweise in einer mehrlagigen Keramik integriert, beispielsweise einer LTTC-Keramik, die beispielsweise auf einen minimalen Shrink optimiert ist. Eine solche Low-Shrink-Keramik in LTTC-Ausführung (= low temperature cofired ceramic) erlaubt eine hohe Integration von Netzwerkelementen und gegebenenfalls zusätzlich  
10 die Integration der eigentlichen Bauelemente in die Keramik, da mit dieser Technik eine hochwertige Keramik und verlustarme metallische Leiter bei gleichzeitig exakt reproduzierbarer Bauelementgeometrie bzw. Netzwerkgeometrie erhalten werden  
15 können. Üblicherweise ist das Substrat des Netzwerks jedoch das Trägersubstrat für das Bauelement, auf dem dieses befestigt und mit dem das Bauelement kontaktiert ist, beispielsweise in einem Schritt mittels eines SMD-Prozesses. Ist das Bauelement ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement,  
20 so kann beispielsweise eine Flip-Chip-Anordnung gewählt sein.

Das Substrat für das Netzwerk, welches ein integriertes Netzwerk sein kann, kann gleichzeitig das Substrat für ein Modul darstellen, in dem mehrere Bauelemente und das dazugehörige  
25 Netzwerk integriert sind.

Im Folgenden wird die Erfindung sowie ein Verfahren zur Optimierung eines erfindungsgemäßen Netzwerks anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.  
30

Figur 1 zeigt in schematischer Draufsicht einen in zwei Ebenen gefalteten Leiter einer bekannten Transmissionsleitung,  
35

Figur 2 zeigt eine als Tri-Plate-Leitung ausgebildete Transmissionsleitung im schematischen Querschnitt,

Figur 3 zeigt ein Smith-Diagramm einer bekannten Transmissionsleitung,

5 Figur 4 zeigt einen Teil einer erfindungsgemäßen Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht,

Figur 5 zeigt das Smith-Diagramm der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung,

10

Figur 6 zeigt zwei in jeweils einer eigenen Leiterebene übereinander angeordnete Teile einer erfindungsgemäßen Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht.

15 Eine bekannte Transmissionsleitung soll anhand der Figuren 1 und 2 näher erläutert werden. Die Figuren dienen dabei nur der Erläuterung und sind nicht maßstabsgetreu. Die bekannte Tri-Plate-Anordnung besteht aus einer ersten und einer zweiten Leiterebene LE1, LE2, die durch eine keramische Zwischen-

20 lage voneinander getrennt sind. Oberhalb und unterhalb der ersten und zweiten Leiterebene ist ebenfalls durch eine keramische Zwischenlage getrennt je eine mit Masse verbundene abschirmende Ebene ME1, ME2 angeordnet, beispielsweise eine Metallisierungsebene (siehe Figur 2). Die Leiterebenen und die

25 abschirmenden Ebenen sind vorzugsweise symmetrisch zueinander angeordnet, so daß die Abstände der abschirmenden Ebenen ME von der benachbarten Leiterebene LE einheitlich gleich  $d_E$  ist. Der Abstand  $d_E$  kann sich vom Abstand  $d_L$  der beiden Leiterebenen LE1, LE2 unterscheiden. In einer bekannten Trans-

30 missionsleitung ist beispielsweise  $d_E = 125 \mu\text{m}$ , während  $d_L = 95 \mu\text{m}$  ist. Figur 1 zeigt die Faltung des Leiters LE1 in der ersten Leiterebene und gestrichelt dargestellt die Projektion des gefalteten Leiters LE2 in der zweiten Leiterebene. Der Leiter besteht aus geradlinigen Abschnitten, die rechtwinklig

35 zusammengefügt sind. Die Abschnitte sind in den beiden Leiterebenen LE1 und LE2 so zueinander angeordnet, daß zueinander parallele geradlinige Leiterabschnitte nicht übereinander

zu liegen kommen. Über die Durchkontaktierung DK sind die beiden Teile LE1, LE2 des Gesamtleiters in den beiden Ebenen miteinander verbunden. An den beiden Anschlußpunkten T1 und T2 wird der Leiter bzw. die Transmissionsleitung mit einer  
5 äußeren Schaltungsumgebung, beispielsweise dem Netzwerk oder einem Bauelement, verbunden. Der Leiter weist eine einheitliche Breite  $d_0$  auf.

Figur 3 zeigt die aus dieser bekannten Transmissionsleitung  
10 berechnete Anpassung dargestellt im Smith-Diagramm. Die Anpassung der bekannten Transmissionsleitung liegt deutlich schlechter als 15 dB, die Impedanzanpassung bei ca.  $35 \Omega$ .

Erfindungsgemäß wird nun die Breite einzelner Leiterabschnitte einer oder beider Leiterebenen LE1, LE2 variiert und insbesondere erhöht. Dadurch wird die Verkopplung der entsprechenden Leiterabschnitte A1 bis A6 mit benachbarten Leiterabschnitten derselben Leiterebene oder der darunterliegenden, in Figur 4 nicht dargestellten Leiterebene LE2 reduziert bzw.  
15 im Charakter verändert. Durch Verbreiterung eines Leiterabschnitts A kann beispielsweise die induktive Verkopplung reduziert, die kapazitive dagegen erhöht werden. Nur beispielhaft sind die Breiten der Leiterbahnenabschnitte  $d_3$ ,  $d_4$ ,  $d_5$  und  $d_6$  für die entsprechenden Leiterabschnitte A3, A4, A5 und  
20 A6 angegeben. Mit  $d_0$  ist eine virtuelle "ursprüngliche" Breite des Leiters angegeben. Eine optimale Anpassung des Leiters ergibt im Normalfall, daß die Breiten  $d_x$  aller variierten Leiterabschnitte  $A_x$  voneinander unterschiedliche Werte annehmen. Möglich ist es jedoch auch, daß einzelne Leiterabschnitte  
25 gleich breit sind. Dies betrifft insbesondere die gegenüber der ursprünglichen Struktur unveränderten Leiterabschnitte. In der Figur 4 ist nur die Leiterebene LE1 dargestellt, die darunterliegende zweite Leiterebene LE2 kann und wird entsprechend verändert, so daß auch dort unterschiedlich  
30 breite Leiterabschnitte vorliegen.  
35

Figur 5 zeigt das zu der in der Figur 4 dargestellten Transmissionsleitung gehörige Smith-Diagramm. Durch Vergleich mit Figur 3 zeigt sich, daß die elektrische Anpassung der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung wesentlich verbessert ist.

5 Sie liegt nahe bei  $50 \Omega$  und besitzt eine Phasenschiebung von beispielsweise exakt  $\lambda/4$ . Das Ausmaß der Phasenschiebung kann jedoch durch Erhöhung oder Erniedrigung der geometrischen und damit auch der elektrischen Länge des Leiters in einer oder beiden der Ebenen entsprechend variiert werden. So ist auch  
10 eine Phasenschiebung um von  $\lambda/4$  abweichende Werte möglich.

Beim Optimierungsverfahren zur Anpassung der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung kann wie folgt vorgegangen werden. Es wird von einem Leiter mit Abschnitten einheitlicher Breite  
15 ausgegangen und dessen elektrische Kennwerte berechnet oder simuliert. Anschließend wird die Breite eines Abschnitts variiert und die elektrischen Kennwerte erneut berechnet. Den damit erzielten Effekt (= Verschiebung der Anpassung im Smithdiagramm als Vektor) wird als Anpassungsmaßnahme für den  
20 variierten Abschnitt abgespeichert. Anschließend wird ausgehend von der Startstruktur ein weiterer Abschnitt in der Breite variiert und die elektrischen Kennwerte erneut berechnet. So erhält man eine weitere Anpassungsmaßnahme. Je nach vorliegendem Problem und der mit den einzelnen Anpassungsmaßnahmen  
25 erzielten Wirkungen kann gegebenenfalls bereits mit zwei Anpassungsmaßnahmen, die durch Interpolation der Wirkung und dementsprechend veränderte Breite des jeweiligen Abschnitt in ihrer Effektivität noch variiert werden können, eine gewünschte oder geforderte Anpassung erreicht werden.  
30 Für anspruchsvolle Anpassungen kann es erforderlich sein, weitere Anpassungsmaßnahme für andere Abschnitte oder für alle Abschnitte zu berechnen und die gewünschte Anpassung additiv aus den einzelnen Anpassungsmaßnahmen zusammenzusetzen. Für die so erhaltene Struktur können schließlich weitere Anpassungen  
35 erforderlich sein, da sich die einzeln berechneten Anpassungsmaßnahmen gegenseitig beeinflussen können.



Ein erfindungsgemäßes Netzwerk mit der neuartigen Transformationsleitung kann zur Anpassung beliebiger elektrischer Bauelemente verwendet werden. Vorteilhaft wird es für passiv integrierte Netzwerke eingesetzt, die zur weiteren Miniaturisierung elektrischer Bauelemente unbedingt erforderlich ist. Eine besonders vorteilhafte Verwendung für das erfindungsgemäße Netzwerk bei der elektrischen Anpassung von Komponenten von Front-End-Modulen in Endgeräten drahtloser Kommunikation, beispielsweise in Handys. Hier muß die passive Integration zur Erreichung der angestrebten oder bereits erreichten Außenabmessungen unbedingt in das Bauelementsubstrat bzw. das Front-End-Modul-Substrat integriert sein.

Zur Aufnahme weiterer Netzwerkkomponenten und zur Erfüllung seiner Funktion als Bauelementsubstrat ist das Substrat gegenüber den in Figur 2 dargestellten Schichtfolgen um weitere Schichten verstärkt. Die Dicke des Substrats bzw. die Anzahl der dafür erforderlichen Schichten ist von der Anzahl der in dem Substrat zu integrierenden Netzwerkelemente und -komponenten abhängig. In Abhängigkeit von der in der Substratkeramik zu verwirklichenden Komponente ist auch das Material für die entsprechenden Keramiklagen ausgewählt.

Im vorliegenden Fall wird für die Zwischenlage zwischen den beiden Leiterebenen LE1 und LE2 eine elektrisch isolierende Keramik eingesetzt, deren vorzugsweise niedrige Dielektrizitätskonstante die Impedanz der Leitung mitbestimmt. Eine niedrigere Dielektrizitätskonstante der Zwischenlage vermindert auch die Verkopplung zwischen den Leiterebenen. Mit der Erfindung können aber solche Verkopplungen vermindert bzw. vorteilhaft genutzt werden. Auch die keramischen Schichten zwischen einer Leiterebene LE1 und einer mit Masse verbundenen abschirmenden Ebene ME1 werden elektrisch isolierend eingestellt, wobei allerdings auch hier der Wert der entsprechenden Dielektrizitätskonstanten zu beachten ist. Üblicherweise wird für alle keramischen Schichten inklusive der Zwischenlage die gleiche Keramik eingesetzt. Erfindungsgemäß ist



es jedoch auch möglich, für die Zwischenlage eine von den übrigen keramischen Schichten Schichten unterschiedliche Keramik einzusetzen, um insbesondere die Verkopplung, die erfindungsgemäß wieder gewünscht sein kann, auf einen gewünschten Wert einzustellen.

Die für die einzelnen Komponenten zur Verfügung stehenden Flächen sind in der Regel durch Durchkontaktierungen und andere in der gleichen Ebene vorhandene bzw. realisierte Elemente bestimmt. Mit der Erfindung kann eine besonders gute Anpassung an eine zur Verfügung stehende, beliebig geformte Fläche verwirklicht werden.

Figur 6 zeigt zwei in jeweils einer eigenen Leiterebene LE1 und LE2 übereinander angeordnete Teile einer erfindungsgemäßen Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht. Die Verschaltung der Teile der Transformationsleitung entspricht der Figur 1. Die übereinander angeordneten, zueinander parallelen Leitungsabschnitte überlappen sich in den Überlappungsbereichen 1, 2 und 3, wobei die Überlappungsfläche so eingestellt ist, daß bei einer bestimmten Betriebsfrequenz die elektrische Anpassung der Transformationsleitung z. B. an eine  $180^\circ$ -Phasendrehung bei einer Impedanz von 50 Ohm erreicht ist.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Überlappungsfläche nicht nur durch eine entsprechende Anordnung (Versatz in x,y-Richtungen), sondern auch durch die Breite der entsprechenden Leitungsabschnitte eingestellt. Unterschiedlich breite Leitungsabschnitte weisen unterschiedliche Impedanzen auf, was zur Anpassung der Impedanz der Gesamtleitung ausgenutzt wird.

Im Bereich 4 ist zwar keine Überlappung der zueinander parallelen Leitungsabschnitte vorgesehen. Aber die in den unterschiedlichen Leiterebenen angeordneten Leitungsabschnitte grenzen in einer Projektionsebene direkt aneinander und sind über ein elektrisches Streufeld miteinander verkoppelt. Dage-

gen ist bei der bekannten, in Figur 1 dargestellten Leitung zwischen den zueinander parallelen Abschnitten überall ein gewisser Abstand zur Vermeidung der parasitären kapazitiven Kopplung vorgesehen.

5

Es ist möglich, daß nur eine Längskante eines Leitungsabschnitts in einer Projektionsebene an die Längskante eines zu ihm parallelen Leitungsabschnitts der anderen Leiterebene grenzt, siehe Bereich 5. Möglich ist es auch, siehe z.B. den

10

Bereich 4, einen Leitungsabschnitt so zu führen, daß seine beiden Kanten in einer Projektionsebene an den jeweiligen parallelen Leitungsabschnitt der anderen Leiterebene grenzen.

15

Möglich ist in einer hier nicht dargestellten Weiterbildung der Erfindung auch, daß die Leitung stets gleich breite Abschnitte aufweist, wobei die Überlappungsfläche der zueinander parallelen, in verschiedenen Leiterebenen angeordneten, teilweise überlappenden Abschnitte alleine durch deren geeigneten Versatz eingestellt wird.

## Patentansprüche

1. Netzwerk zur elektrischen Anpassung eines elektrischen Bauelements,

- 5 - mit zumindest zwei durch eine keramische Zwischenlage getrennten Leiterebenen (LE1, LE2),  
- mit einer in oder auf einem Substrat ausgebildeten Transformationsleitung einer vorgegebenen elektrischen Länge,  
- bei dem die Transformationsleitung zwei jeweils gefaltete,  
10 jeweils in einer eigenen Leiterebene (LE1, LE2) angeordnete Teile aufweist, die über eine in der Zwischenlage angeordnete Durchkontaktierung (DK) miteinander verbunden sind,  
- wobei beide Teile der Transformationsleitung ausschließlich geradlinige Leitungsabschnitte aufweisen, die rechtwinklig  
15 miteinander verbunden sind,  
- wobei für zumindest einen Teil der Leitungsabschnitte gilt: zueinander parallele, in unterschiedlichen Leiterebenen liegende Leitungsabschnitte überlappen teilweise und sind auf diese Weise kapazitiv miteinander gekoppelt, wobei durch die  
20 Einstellung der einzelnen Überlappungsflächen die kapazitive Kopplung angepaßt und so die vorgegebene elektrische Länge und die vorgegebene Impedanz der Transformationsleitung erreicht ist.

- 25 2. Netzwerk nach Anspruch 1,  
bei dem die Breite (d) der in derselben Leiterebene angeordneten oder die Breite der in verschiedenen Leiterebenen angeordneten, sich überlappenden Leitungsabschnitte unterschiedlich und so gewählt ist, daß störende Verkopplungen zwischen  
30 unterschiedlichen Abschnitten des Leiters kompensiert sind und eine Impedanzanpassung an die gegebene Umgebung von besser als 25 dB erreicht ist.

3. Netzwerk nach Anspruch 2,  
35 bei dem bei mehr als nur einer Leiterebene die Breite (d) der in der jeweiligen Leiterebene angeordneten Leitungsabschnitte unterschiedlich gewählt ist.

4. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
bei dem zumindest eine der Leiterebenen zwischen zu dieser  
Ebene parallelen, mit Masse verbundenen, abschirmenden Ebenen  
5 angeordnet ist, wobei diese Leiterebene durch zumindest eine  
keramische Schicht von der jeweiligen abschirmenden Ebene ge-  
trennt ist.

5. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
10 bei dem zumindest ein in einer ersten Leiterebene angeordne-  
ter Leitungsabschnitt in einer Projektionsebene an zumindest  
einer seiner Längskanten an die Längskante eines zu ihm pa-  
rallelen, in einer zweiten Leiterebene angeordneten Leitungs-  
abschnitt grenzt.

15

6. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem alle Leitungsabschnitte zumindest eine der Mindest-  
länge entsprechende Breite (d) aufweisen.

20 7. Netzwerk nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
bei dem die Transformationsleitung als Triplate-Leitung mit  
zwei abschirmenden, mit Masse verbundenen Ebenen (ME) ausge-  
bildet ist, bei dem die keramischen Schichten, die zwischen  
der jeweiligen Leiterebene und den abschirmenden Ebenen ange-  
25 ordnet sind, die gleiche Dicke (dE) aufweisen.

8. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
bei der Transformationsleitung als  $\lambda/4$  Leitung ausgebildet  
ist.

30

9. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem die Transformationsleitung an  $50 \Omega$  angepaßt ist.

10. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
35 bei dem die Impedanzanpassung an die äußere Umgebung mit Hil-  
fe eines zusätzlichen Elements zur Impedanztransformation ge-  
währleistet ist.

11. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
bei dem das Substrat eine Mehrlagenkeramik ist und den Träger  
für ein Bauelement oder ein Modul bildet.

5

12. Netzwerk nach Anspruch 11,  
bei dem das Bauelement oder das Modul zumindest ein mit aku-  
stischen Wellen arbeitendes Bauelement umfaßt.



## Zusammenfassung

Elektrisches Anpassungsnetzwerk mit einer Transformationsleitung

5

10

15

20

Zur elektrischen Anpassung eines elektrischen Bauelements ist ein Netzwerk mit einer Transformationsleitung angegeben, die in oder auf einem vorzugsweise keramischen Substrat ausgebildet ist. Sie weist eine vorgegebene elektrische Länge zur Erzielung einer gewünschten Phasenschiebung auf und umfaßt zumindest zwei miteinander verbundene, jeweils gefaltete, in verschiedenen Leiterebenen angeordnete elektrische Leiter (LE), deren gerade Abschnitte rechtwinklig miteinander verbunden sind. Zueinander parallele, in unterschiedlichen Leiterebenen liegende Leitungsabschnitte überlappen teilweise und sind auf diese Weise kapazitiv miteinander gekoppelt, wobei durch die Einstellung der einzelnen Überlappungsflächen die kapazitive Kopplung angepaßt und so die vorgegebene elektrische Länge und die vorgegebene Impedanz der Transformationsleitung erreicht ist.

Figur 6

Fig 1

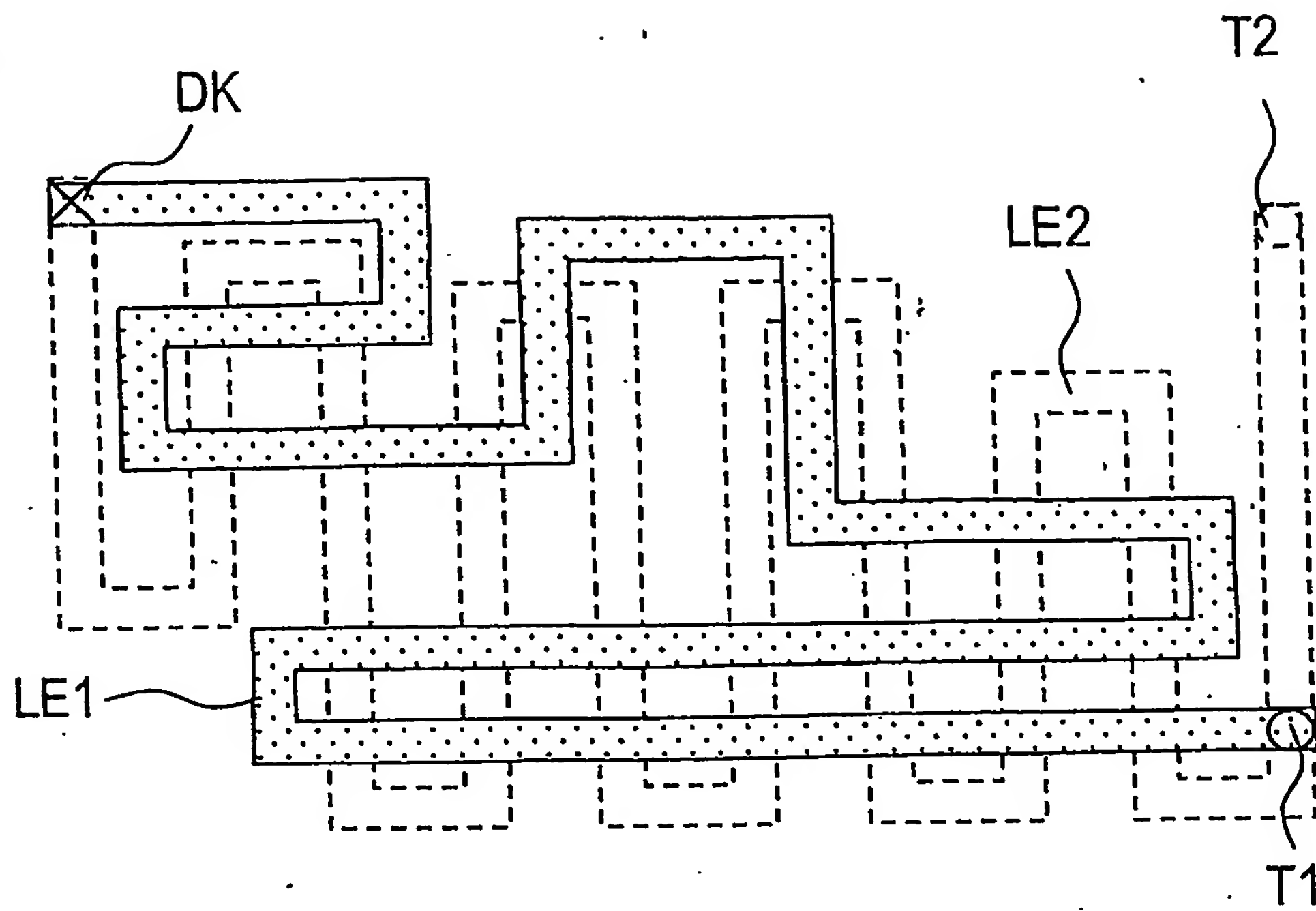


Fig 2

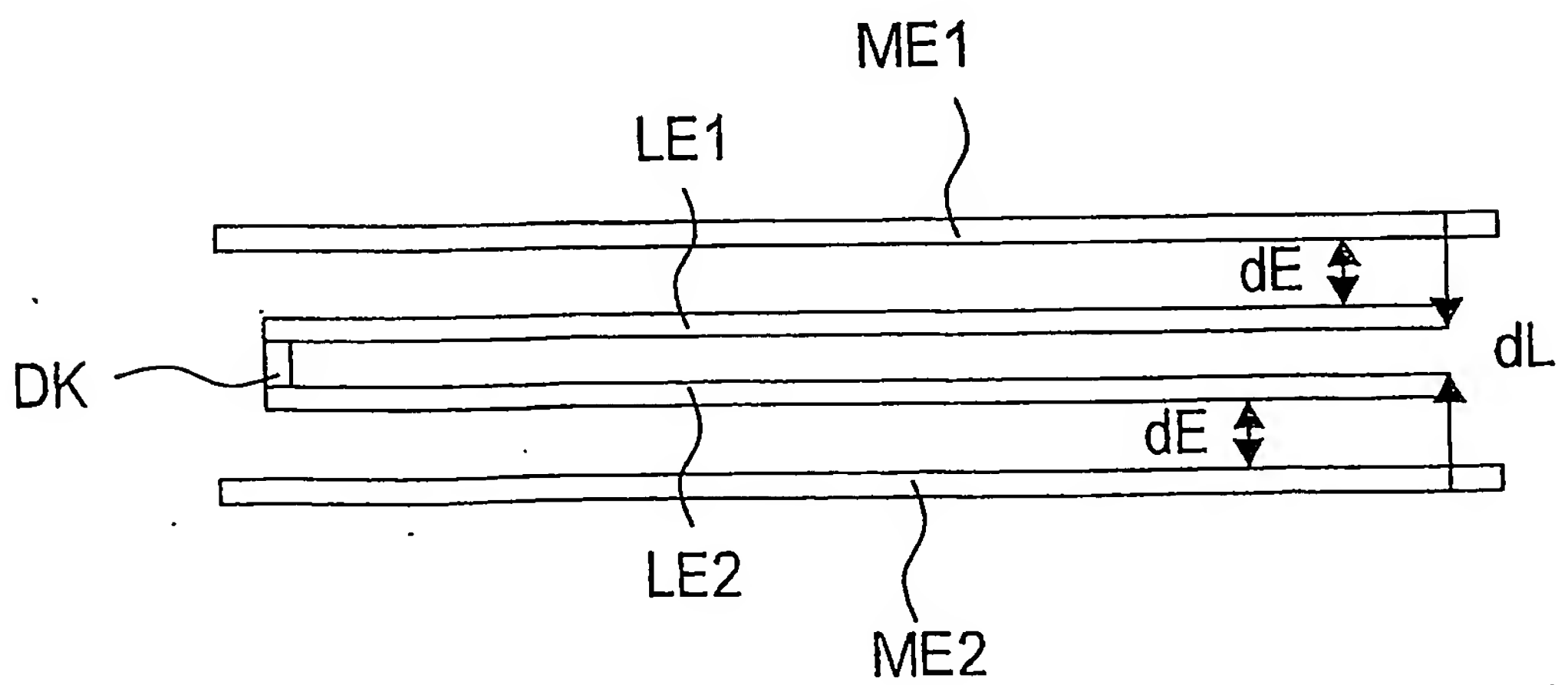


Fig 3

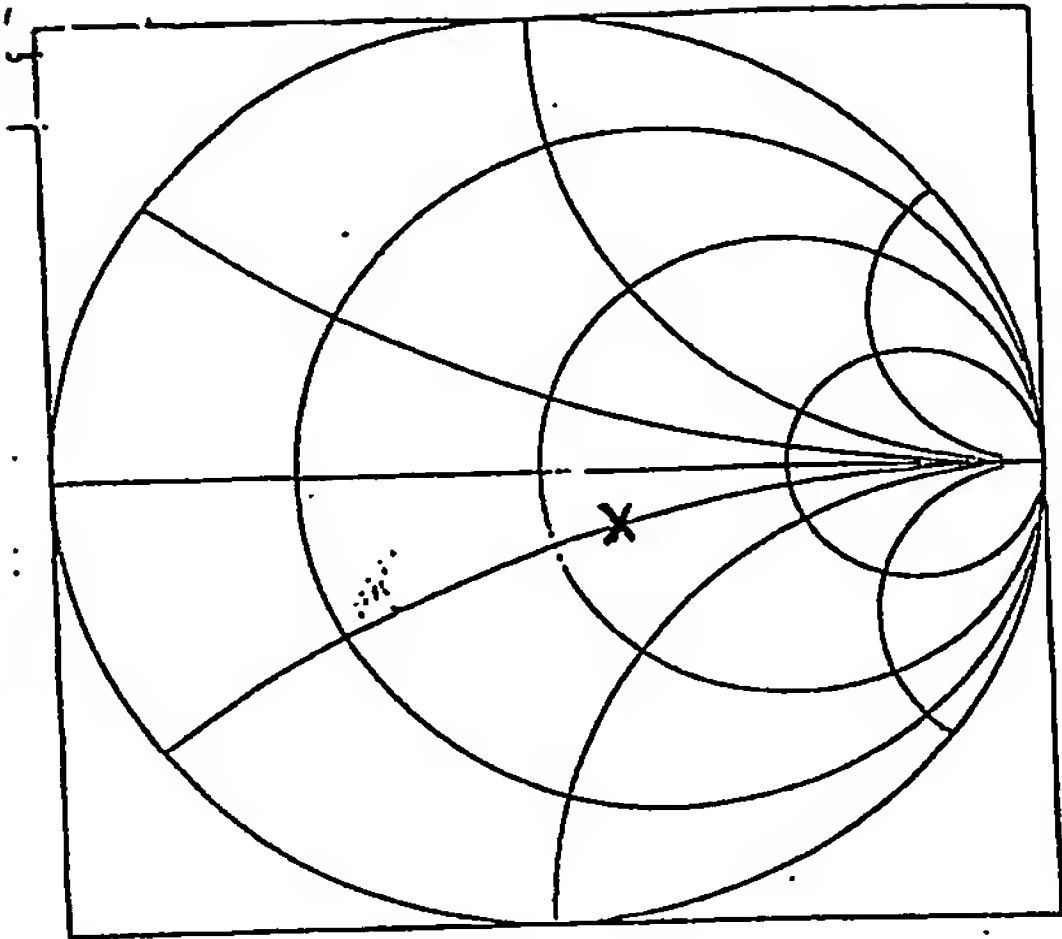


Fig 5

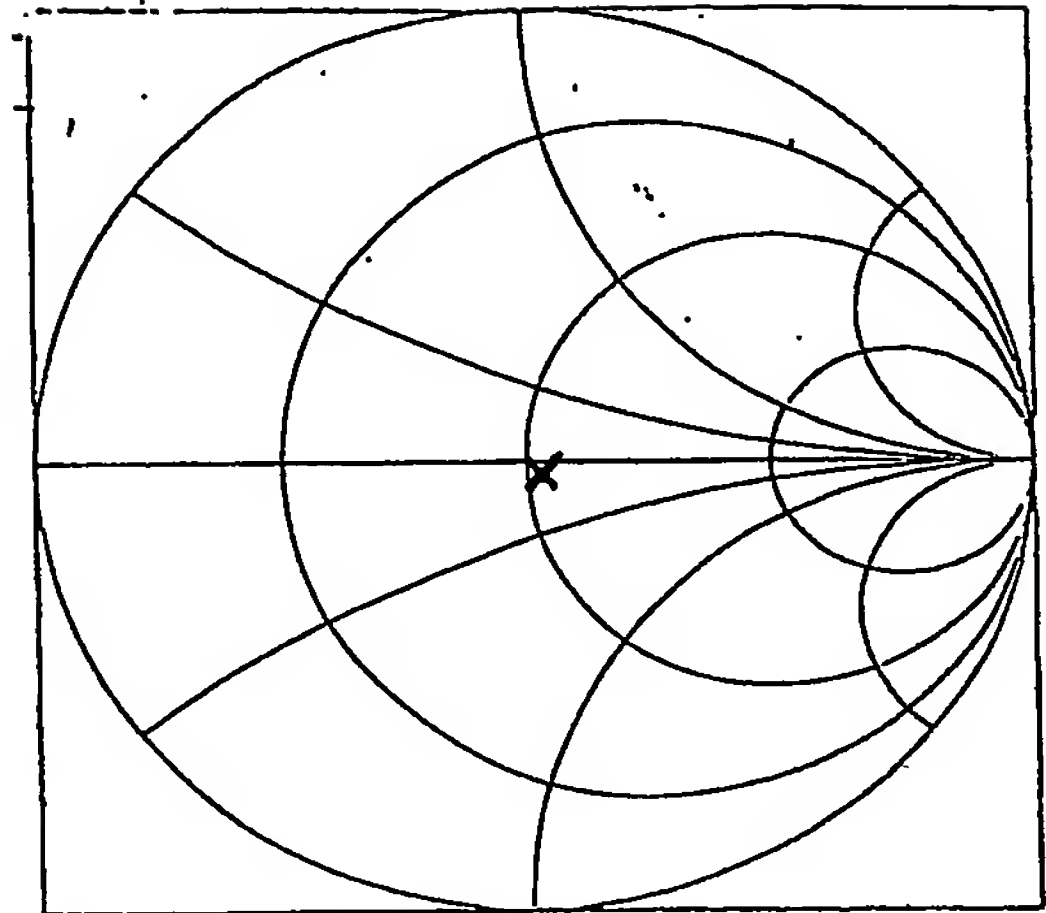
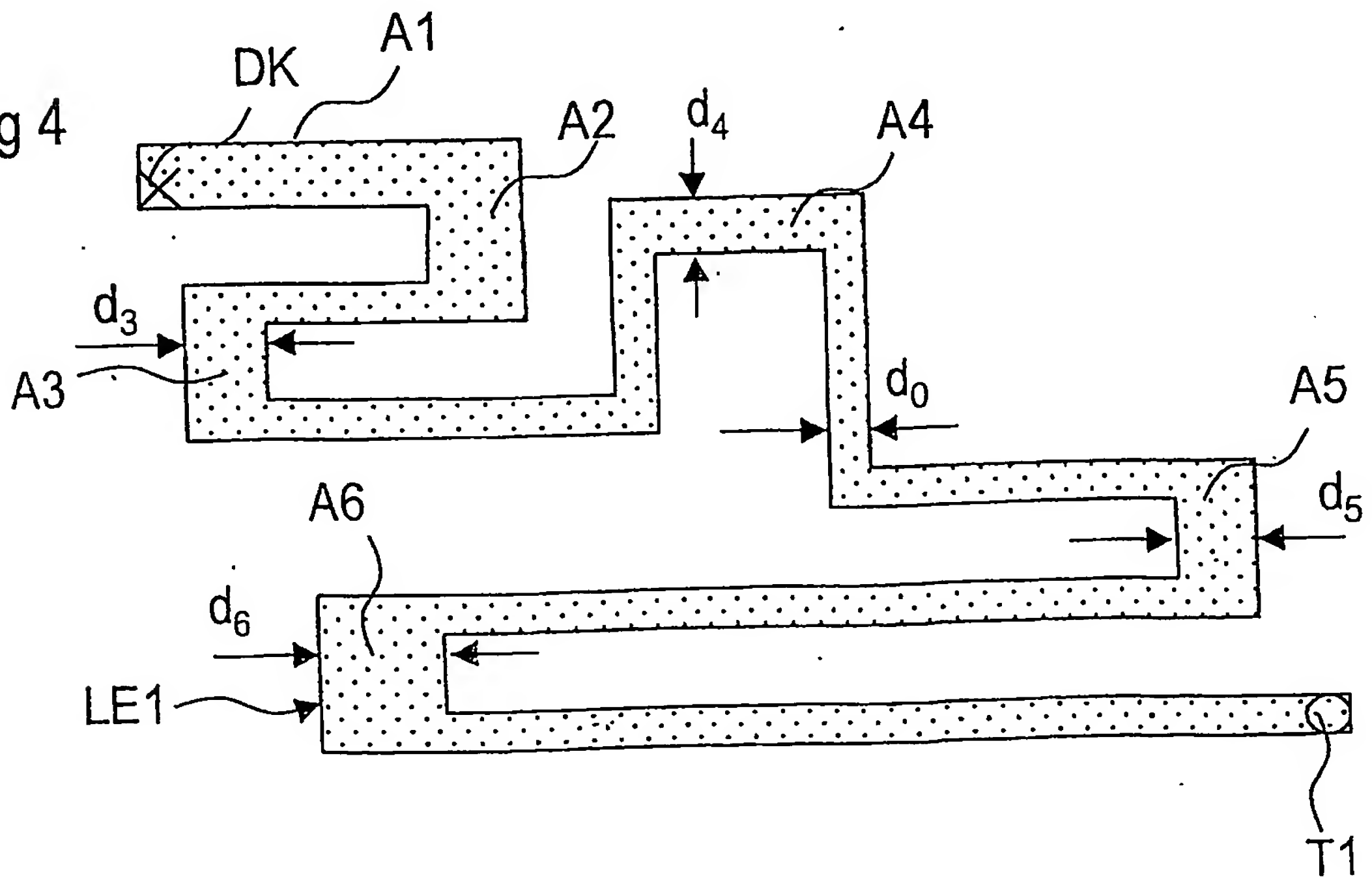


Fig 4



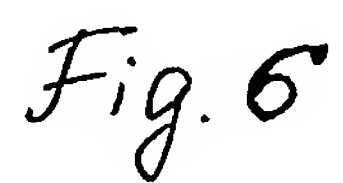


Fig. 6